

Thomsonova parabola

Daniel Čtvrtečka, David Bálek, Vojtěch Jančura

Místo projektu: Ústav fyziky plazmatu AV ČR, laboratoř PALS

21.06.2022

Abstrakt

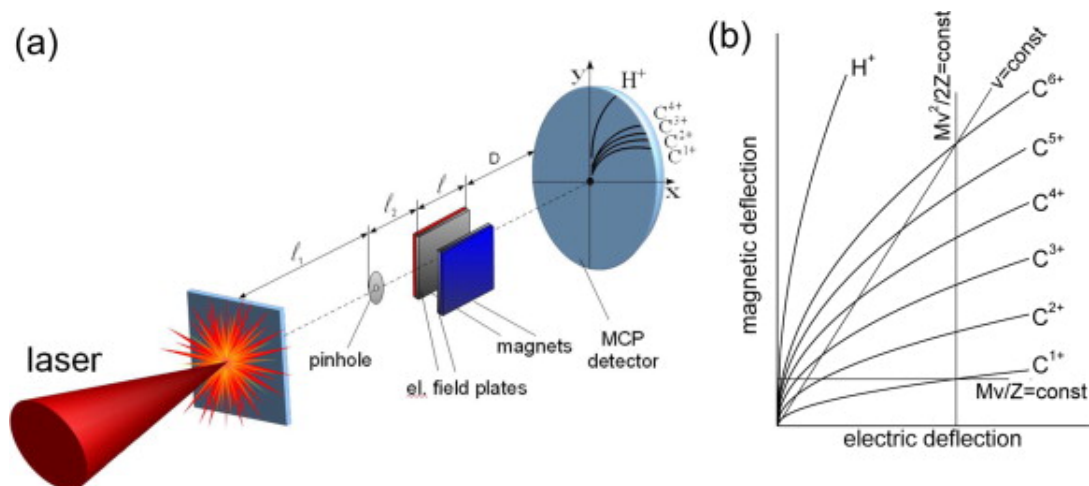
Thomsonova parabola představuje jeden z používaných přístrojů k diagnostice částic urychlených laserem. Naší prací bylo seznámit se s tímto přístrojem, vytvořit v programu SIMION jeho simulaci a prostudovat odchylky od teoretických předpokladů.

1 Úvod

Ke studování horkého plazmatu se laserový svazek soustředí do takzvaného terče, který se může skládat z různých atomů či molekul (např. borany nebo měď). Po interakci atomů s laserovým svazkem se urychlují produkty interakce, většinou nabitě částice. Právě Thomsonova parabola nám pomáhá s analýzou těchto produktů, tj. zjišťováním jejich energie a poměru náboje ku hmotnosti.

2 Princip Thomsonovy paraboly

Aparatura se skládá z vstupní dírkou, cívkou, elektrodami a detektorem. Úzký svazek prošed vstupní dírkou nabitých částic je postupně ovlivňován magnetickým a elektrickým polem.



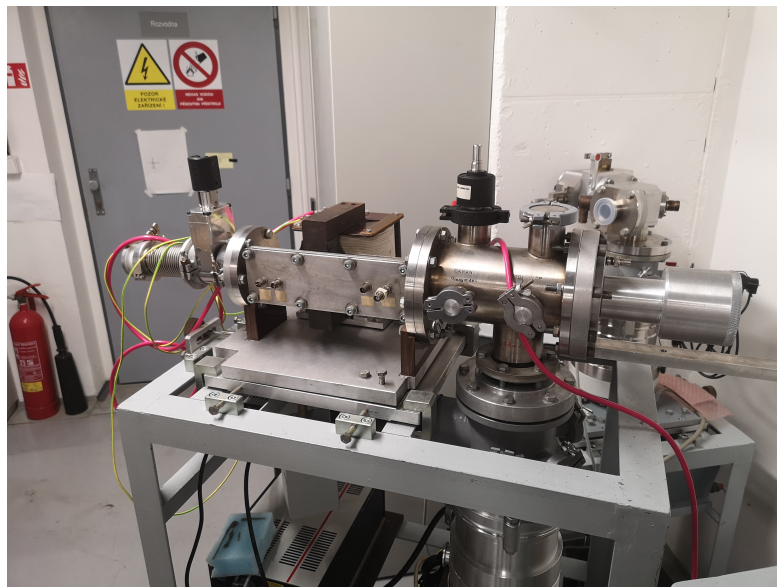
Obrázek 1: (a) Schéma měřící aparatury, (b) Paraboly kationtů uhlíku [1]

Magnetické pole tvořené cívkou zakřivuje trajektorii částice v horizontálním směru a elektrické pole tvořené elektrodami ve vertikálním směru.

To je dané Lorentzovým zákonem:

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (1)$$

Kvůli působení těchto dvou sil na každou jednotlivou částici nám svazek utvoří různé paraboly podle poměru náboje ku hmotnosti.



Obrázek 2: Příklad IRL

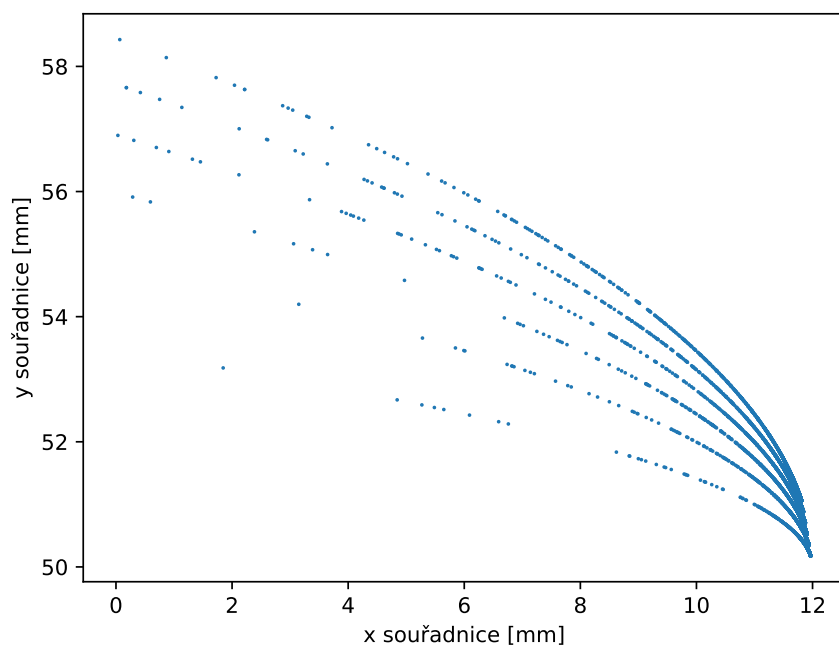
3 Simulace v programu SIMION

Program SIMION[2] pomocí umisťování různých elektromagnetických polí do prostoru umožňuje simulace pohybu částic v těchto polích. Zkonstruovavše v programu model opravdové měřicí aparatury a provedše simulace pro různá nastavení polí a pro různé částice, vynesli jsme data do grafů.

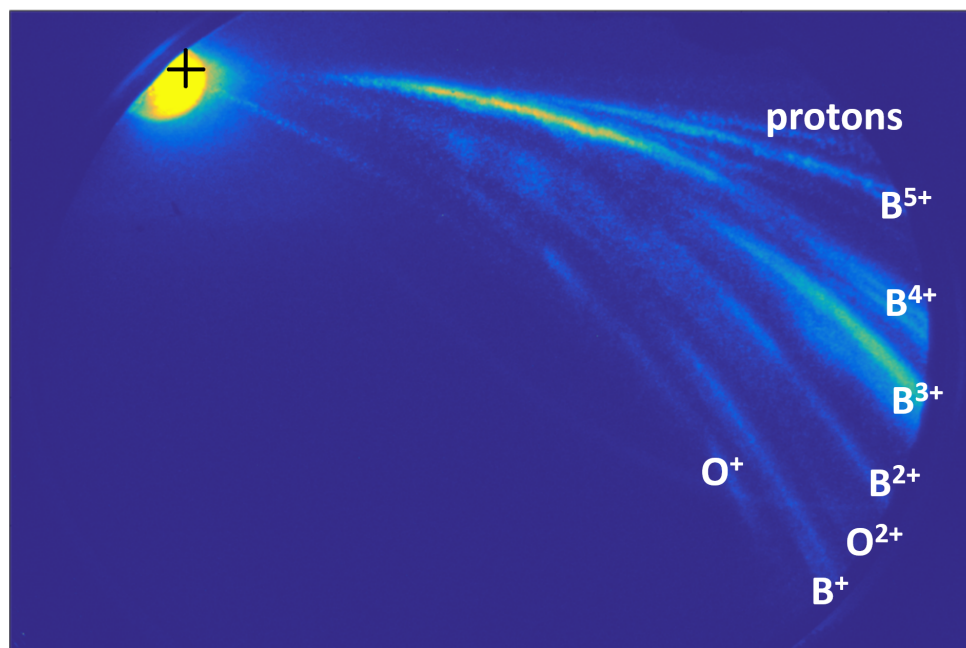
4 Výsledky a diskuze

Na obrázku číslo 3 můžeme vidět zformované paraboly ze simulace, každý bod představuje dopad jedné částice na detektor. Čím dále jsou částice od osy $x=12$ mm, tím menší mají energii, protože částice s menší energií jsou více ovlivňovány elektromagnetickým polem. Ve skutečnosti křivky, které můžeme vidět nejsou parabolami, protože částice neprocházejí homogenním polem vytvořeným cívkou, respektive elektrodami, a proto dochází k deformaci těchto křivek.

Jak můžeme vidět na obrázku číslo 4, paraboly nemají velké rozlišení. Abychom například mohli identifikovat částice s blízkými poměry náboje ku hmotnosti, potřebovali bychom ho zlepšit. Toho docílíme buď zvětšením velikosti jednotlivých polí, hlavně elektrického nebo větší vzdáleností elektrod od detektoru.



Obrázek 3: Paraboly vytvořené simulací, byly použity kationty uhlíku



Obrázek 4: Paraboly vzniknuvše při experimentu proton-borové fúze

Poděkování

Děkujeme Miroslavovi Krúsovi, vedoucímu našeho miniprojektu, za detailní zasvěcení do problematiky a jeho podporu.

Reference

- [1] Paul Bolton et al. “Instrumentation for diagnostics and control of laser-accelerated proton (ion) beams”. In: *Physica medica : PM : an international journal devoted to the applications of physics to medicine and biology : official journal of the Italian Association of Biomedical Physics (AIFB)* 30 (říj. 2013). DOI: [10.1016/j.ejmp.2013.09.002](https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2013.09.002).
- [2] David J. Manura. “SIMION(TM) 8.0”. In: (2007).